

# Contamination par les PCBs et les pesticides organochlorés des poissons du Grand-Duché de Luxembourg : incidence possible sur les populations de loutre (*Lutra lutra* L.)

J.-L. Hugla<sup>1</sup>  
A. Dohet<sup>2</sup>  
I. Thys<sup>2</sup>  
L. Hoffmann<sup>2</sup>  
J.-P. Thomé<sup>1</sup>

Mots-clés : pesticides, PCBs, poissons, eau douce, loutre.

Les niveaux de contamination en pesticides organochlorés mesurés dans les poissons des rivières luxembourgeoises sont peu élevés, à l'exception des concentrations en lindane, pp'DDE et pp'DDT dans la basse-Sûre et ses affluents. Toutefois, ces concentrations ne sont pas particulièrement inquiétantes pour la santé humaine ou pour la survie des loutres. Les concentrations de PCBs mesurées dans les poissons des rivières sont comprises entre 50 et 3500 ng/g P.F., et sont extrêmement variables selon les cours d'eau et les espèces considérés. Dans le lac d'Esch-sur-Sûre, les concentrations sont plus faibles (10 à 200 ng/g P.F.), probablement parce qu'il s'agit d'individus qui ont fait l'objet de repoissonnements. Dans les populations de poissons des rivières luxembourgeoises, les PCBs sont donc non seulement présents à des concentrations considérées comme problématiques ou dangereuses pour la survie des loutres, mais les standards de consommation pour la santé humaine sont aussi régulièrement dépassés dans les anguilles et chevesnes

## PCBs and organochlorinated pesticides contamination of fish in Luxembourg : possible impact on otter populations

Keywords : pesticides, PCBs, freshwater fish, otter.

Contamination levels of organochlorine pesticides in fish from the rivers of Luxembourg are quite low, except for lindane, pp'DDE and pp'DDT in the lower Sûre and its tributaries. However, concentrations are not hazardous to human health or otter survival. The PCB levels measured in river fish vary between 50 and 3500 ng/g F.W., according to the river and the species considered. In the reservoir of Esch-sur-Sûre, concentrations are lower (10 to 200 ng/g F.W.), probably because the fish have been reintroduced. The PCB concentrations found in river fish are considered as dangerous for otter survival. Human health standards are also frequently exceeded in eel and chub.

## 1. Introduction

A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, la loutre (*Lutra lutra* L.) était fréquemment observée dans la majorité des cours d'eau du Grand-Duché de Luxembourg ; toutefois, considérée comme pillard de poissons, elle fut victime d'une incitation au piégeage entre 1893 et 1957. Depuis 1972, l'espèce est intégralement protégée, mais ses effectifs ne cessent pourtant de diminuer ; en Wal-

lonie, la loutre ne subsiste plus que sur quelques rivières poissonneuses mais néanmoins menacées (Libois & Hallet 1995). Au Luxembourg, des indices de présence dans la neige ont été observés entre 1991 et 1997, principalement dans la vallée de la haute-Sûre, et plus rarement au niveau d'autres rivières du nord du pays (Fig. 1) (Schmidt 1997).

Parmi les facteurs qui compromettent la survie de la loutre, on peut citer l'aménagement des rivières, les dérangements, les accidents routiers, ainsi que la diminution de la qualité de l'eau (Macdonald & Mason 1994, Rosoux & Tournebize 1996). Celle-ci résulte de nombreux types de pollution, parmi lesquels la présence généralisée de nombreux micropolluants (pesticides organochlorés, PCBs et métaux lourds notamment) qui s'accumulent le long des chaînes trophiques et engen-

1. Université de Liège, Laboratoire d'Ecologie animale et d'Ecotoxicologie, 22, quai Van Beneden, B-4020 Liège.

2. Centre de Recherche Public-Centre Universitaire, CREBS, 162 a, avenue de la Faïencerie, L-1511 Luxembourg.

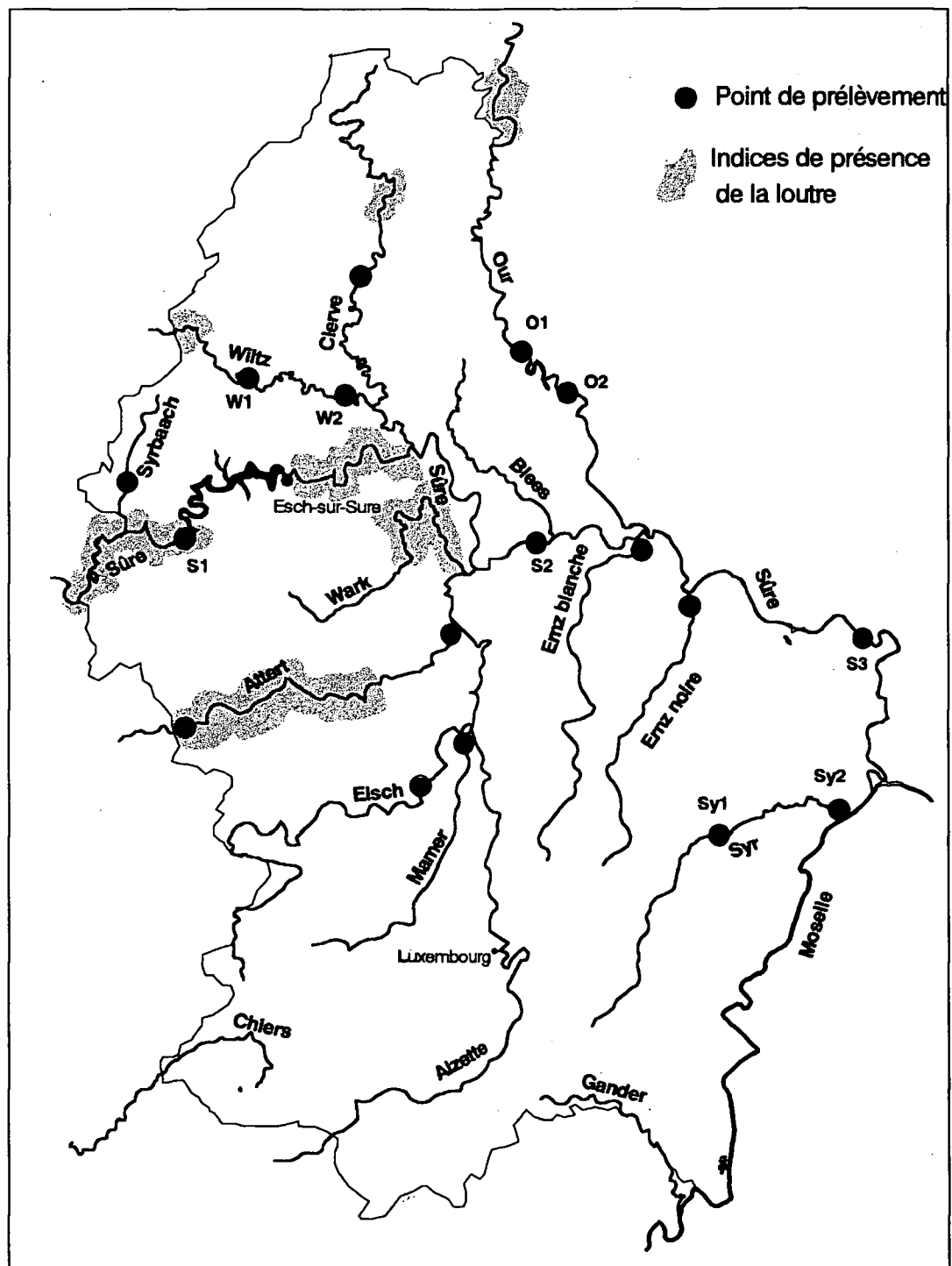


Fig. 1. Carte des rivières et du lac du Grand-Duché de Luxembourg et du lac d'Esch-sur Sûre, situation des stations de prélèvement des poissons et localisation des indices de présence de la loutre.

Fig. 1. Map of rivers of Luxembourg and Esch-sur Sûre reservoir with sampling stations and location of otter footprints.

drent de nombreux effets négatifs chez les prédateurs comme la loutre. Les PCBs semblent d'ailleurs constituer un facteur majeur dans le déclin de la loutre d'Europe (Broekhuizen 1989, Olsson & Sandegren 1991).

Pour des raisons éthiques bien compréhensibles, les indications d'effets pathologiques dus aux PCBs chez la loutre n'ont pas été démontrées expérimentalement et sont principalement basées sur les nombreux travaux menés chez le vison américain, une espèce proche de la loutre qui est extrêmement sensible aux PCBs (voir

Macdonald & Mason 1994). Il existerait, comme chez le vison (Leonards et al. 1995), une relation entre les concentrations en PCBs dans les tissus des loutres et l'échec de leur reproduction (Mason 1996).

Sur base des informations recueillies chez le vison, certains auteurs ont proposé de définir des niveaux-seuils de contamination au-delà desquels les populations de loutres pouvaient être considérées comme étant en danger. Ainsi, Macdonald & Mason (1994) suggèrent que les concentrations en PCBs dans les tissus des

poissons n'excèdent pas 26 ng/g poids frais (P.F.). Smit et al. (1996) ont aussi évalué un niveau «critique» de PCBs dans la nourriture des loutres à 29 ng/g P.F. Weber (1990), lui, considère une concentration supérieure à 50 ng/g P.F. comme dangereuse pour la survie de la loutre, et supérieure à 500 ng/g P.F. comme très dangereuse. Une telle méthode est cependant sujette à la critique (Bleavins et al. 1980, Wren 1991):

Par ailleurs, certains pesticides organochlorés, parmi lesquels l'hexachlorobenzène (HCB) et l'heptachlore, ont également un impact négatif sur la reproduction du vison (Bleavins et al. 1984, Crum et al. 1993) et pourraient engendrer des troubles similaires chez la loutre.

Le but de ce travail, mené à l'initiative du groupe loutre luxembourgeois créé en 1992, était de préciser les niveaux de contamination par les PCBs et certains pesticides organochlorés dans différentes espèces de poissons provenant de rivières du Grand-Duché de Luxembourg et du lac d'Esch-sur-Sûre. Les concentrations en Ugilec 141, un substitut des PCBs contenant principalement des isomères de tétrachlorobenzyltoluène (TCBTs), ont également été mesurées.

Ces informations ont été comparées aux valeurs-limites proposées dans le cadre de la protection à long terme de la loutre, ainsi qu'aux normes édictées dans le cadre de la santé publique pour la consommation de chair de poisson. En effet, la Direction des aliments et drogues aux USA (FDA) recommande que l'ingestion de PCBs n'excède pas 1 µg/kg de poids corporel par jour dans le cas d'une exposition prolongée. De plus, les législations aux États-Unis et en France fixent les concentrations maximales de PCBs tolérées dans la chair des poissons à 2 µg/g P.F. (Monod et al. 1990).

## 2. Matériel et méthodes

Les poissons à analyser ont été capturés en 1993 et 1994 dans 17 stations situées sur 11 rivières du Grand-Duché de Luxembourg et en 1995-1996 dans le lac d'Esch-sur-Sûre (Fig. 1). Dans les rivières, les espèces capturées par pêche à l'électricité étaient la loche franche (*Noemacheilus barbatulus*), le chevesne (*Leuciscus cephalus*), l'anguille (*Anguilla anguilla*) et le barbeau (*Barbus barbus*). Dans le lac, 12 espèces de poissons ont été prélevées à l'aide de filets : ablette (*Alburnus alburnus*), anguille, brème (*Abramis brama*), brochet (*Esox lucius*), carpe (*Cyprinus carpio*), chevesne, gardon (*Rutilus rutilus*), hotu (*Chondrostoma nasus*), perche (*Perca fluviatilis*), sandre (*Lucioperca lucioperca*), tanche (*Tinca tinca*) et truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*).

Les PCBs, les pesticides organochlorés ( $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH, lindane, pp'DDE, pp'DDD et pp'DDT) et l'Ugi-

lec 141 ont été extraits au moyen d'hexane-acétone dans les broyats de poissons entiers dont on avait au préalable ôté le tube digestif. Les extraits ont ensuite été purifiés sur microcolonnes de Florisil (Waters, Sep-Pak VAC 12 cc, 2 g), et les micropolluants ont été dosés par chromatographie en phase gazeuse à haute résolution. Les pesticides organochlorés, l'Ugilec 141 et 22 congénères de PCB (numéros IUPAC : 8, 18, 28, 44, 52, 70, 95, 101, 110, 118, 128, 138, 149, 153, 156, 170, 180, 183, 187, 194, 195 et 206) ont été identifiés en fonction de leur temps de rétention. Les différentes étapes d'extraction, de dosage et de quantification ont été préalablement décrites par Hugla et al. (1995) et Tans et al. (1996). Les loches et les ablettes ont été analysées par lots de 4 à 12 individus, afin d'obtenir une quantité suffisante de matériel.

L'identification du mélange commercial de PCBs responsable de la contamination a été réalisée en utilisant un indice de similarité développé par De Alencastro et al. (1985) et modifié par Hugla et al. (1995), sur base des congénères de PCBs identifiés et quantifiés. Les concentrations relatives de ces 22 congénères sont comparées avec celles présentes dans les mélanges commerciaux d'Aroclor 1242, 1254 et 1260 ; la valeur de l'indice est comprise entre 0 (aucune similarité avec le mélange commercial) et 1 (l'empreinte chromatographique de l'échantillon est identique à celle du mélange commercial qui sert à la comparaison).

Les tests statistiques (corrélations de Pearson et analyse de variance à 2 critères) ont été effectués à l'aide du logiciel SigmaStat™ 2.0 pour Windows™ (SPSS Inc., Chicago, U.S.A.).

## 3. Résultats

### 3.1. Pesticides organochlorés

Les niveaux de contamination en pesticides organochlorés mesurés dans les poissons des rivières sont relativement faibles, particulièrement dans le cas de deux isomères de l'hexachlorocyclohexane ( $\alpha$ - et  $\beta$ -HCH), dont les concentrations sont régulièrement inférieures à la limite relative de détection (0,1 ng/g P.F.), et au maximum de 4,1 ng/g P.F. ( $\alpha$ -HCH) et 2,2 ng/g P.F. ( $\beta$ -HCH) (résultats non présentés).

Par contre, les concentrations en lindane sont en général plus élevées, et peuvent atteindre des valeurs importantes (jusqu'à 90 ng/g P.F.) dans les anguilles de la Syr, la Wiltz et la basse-Sûre (Tableau 1). Les concentrations en pp'DDE et pp'DDT sont également plus élevées, jusqu'à 100 ng/g P.F. et plus encore dans la basse-Sûre et les deux Ernzs (Tableau 1).

Tableau 1. Valeurs maximales des concentrations en pesticides organochlorés mesurées dans différentes espèces de poissons des rivières du Grand-Duché de Luxembourg. Les zéros correspondent à des valeurs inférieures à la limite de détection (0.1 ng/g P.F.).

Table 1. Maximum concentrations of organochlorine pesticides in different fish species from the rivers of Luxembourg. Null values indicate results below the detection limit (0.1 ng/g F.W.).

Station	Espèce	n	Poids (g)	Pesticides (ng/g P.F.)			
				lindane	pp'DDE	pp'DDT	Σ DDTs
Attert 1	Loche	5	3,6	2,6	5,0	0	9,5
Attert 2	Chevesne	3	140-545	23,7-85,0	23,4-58,7	0-13,1	29,8-68,1
	Loche	7	3	2,0	21,5	7,8	36,0
Clerve	Anguille	2	110-400	10,2-12,5	13,7-33,5	14,9-37,9	28,6-80,0
	Chevesne	2	85-150	1,1-1,4	5,5-11,6	0	5,5-12,8
	Loche	9	8	0,4	3,9	1,1	5,5
Eisch	Anguille	1	1365	8,8	23,5	26,6	56,3
	Chevesne	1	535	1,3	52,3	3,7	58,3
	Loche	11	6	0,6	5,5	2,2	8,3
Ernz blanche	Anguille	2	230-335	8,2-37,6	38,3-273,0	42,3-167,7	88,0-474,0
	Loche	3	5	1,0	5,7	3,9	11,85
Ernz noire	Anguille	2	75-325	38,2-49,5	86,7-268,1	51,6-114,2	161,8-415,5
	Loche	12	4	0,2	4,2	1,8	6,4
Mamer	Anguille	1	460	26,8	70,8	77,8	148,6
	Loche	5	6	0,7	5,7	1,7	7,7
Our 1	Barbeau	3	55-180	4,5-6,3	0-15,1	0	0-15,1
	Chevesne	3	25-470	0,7-4,1	0-15,2	0-8,9	0-24,0
	Loche	5	2,2	0	3,8	0	12,5
Our 2	Anguille	3	200-405	7,0-18,5	44,7-124,6	0-25,7	51,1-137,4
	Chevesne	3	150-765	1,0-3,8	8,0-12,0	0-3,1	8,0-19,5
Sûre 1	Anguille	2	470-840	28,0-52,2	32,8-32,9	18,5-22,0	60,6-65,6
	Chevesne	3	95-550	5,5-15,7	6,6-14,7	0-4,7	14,7-15,9
	Loche	4	2,5	4,5	4,3	0	9,3
Sûre 2	Anguille	3	90-415	24,6-95,8	61,1-94,4	34,5-53,5	115,2-157,7
	Barbeau	2	225-490	21,4-45,8	47,5-96,0	0	50,5-101,6
	Chevesne	3	120-970	3,5-13,6	18,7-50,8	0-6,7	22,6-50,8
	Loche	8	3,7	3,9	10,4	10,1	21,2
Sûre 3	Anguille	3	95-245	9,4-47,3	59,4-492,2	0-450,4	64,3-1008,4
	Barbeau	1	660	28,2	124,5	0	132,0
	Chevesne	3	165-1325	3,3-9,9	47,4-175,4	0-7,7	53,7-175,4
	Loche	3	1,3	2,1	5,2	0	9,0
Syr 1	Loche	10	10	0,5	8,5	4,0	13,4
Syr 2	Anguille	1	415	82,8	86,1	68,4	165,6
	Chevesne	1	115	8,0	34,5	7,6	44,0
	Loche	12	4	4,5	5,9	2,1	10,1
Syrbaach	Chevesne	2	25-70	2,2-2,8	6,6-7,0	0-2,2	6,6-11,0
	Loche	10	6	1,1	3,2	1,5	5,3
Wiltz 1	Loche	8	8	0,5	3,4	1,5	4,9
Wiltz 2	Anguille	1	730	91,3	25,8	31,5	69,8
	Loche	6	15	0,5	2,3	0,6	3,1

Le degré de contamination des loches est toujours le plus faible (en général inférieur à 10 ng/g P.F.), en raison de l'âge peu élevé des individus et du régime alimentaire zoobenthique de cette espèce, engendrant une moindre bioaccumulation des pesticides. Les chevesnes et les anguilles, qui appartiennent à des niveaux trophiques supérieurs, sont plus contaminés ; en outre, chez ces deux espèces, les concentrations en pesticides augmentent avec l'âge (corrélation de Pearson,  $p < 0,01$ ), donc avec la durée de la contamination.

Au sein des rivières étudiées, seules les populations de poissons de la basse-Sûre et des deux Ernzs apparaissent clairement plus contaminées que les autres.

Les concentrations en lindane mesurées dans les poissons des petites rivières ne semblent pas trop préoccupantes; par contre, dans la Wiltz et la Sûre, certaines valeurs sont supérieures à la limite maximale de 50 ng/g P.F. dans le foie des poissons, telle que définie par la «Codex Alimentarius Commission» (FAO/WHO

1987). Il s'agit d'un indice de l'utilisation de lindane, par exemple dans les terres de culture ou les plantations de jeunes épicéas.

Les concentrations en métabolites du DDT sont également assez faibles, et sont toutes inférieures à la limite FAO/WHO (500 ng de DDT ou de DDE/g P.F. dans le foie des poissons), même pour les poissons les plus contaminés de la basse-Sûre. Il n'en reste pas moins que la présence de tels composés dans l'environnement rend compte de leur très grande rémanence, puisqu'ils ne sont légalement plus utilisés depuis la fin des années '70. Toutefois, il est surprenant de trouver des concentrations en pp'DDT particulièrement élevées dans les anguilles en regard des concentrations en pp'DDE, qui peut être considéré comme le métabolite final du DDT chez les vertébrés; ceci est probablement dû au contenu lipidique particulièrement élevé des anguilles, qui ralentit la remobilisation, donc la métabolisation du pp'DDT.

Tableau 2 Indices de similarité des empreintes chromatographiques de PCBs dans les poissons du Grand-Duché de Luxembourg comparées à celles des mélanges commerciaux d'Aroclor 1254 et 1260. Les ablettes et les loches ont été analysées par lots de 4 à 12 individus.

Table 2. Similarity indexes between chromatographic fingerprints of PCBs in fish from Luxembourg and commercial Aroclor 1254 and 1260 mixtures. Bleak and stone loach individuals have been pooled for analysis.

Stations	Espèce	n	Poids (g)	Proportion Aroclor 1254/1260	Indice de similarité (%)
Sûre, Our, Attert	Anguille	11	90-840	5/95	60,9
	Barbeau	6	55-660	18/82	73,5
	Chevesne	18	25-1325	12/88	66,0
	Loche	6	1-4	13/87	67,0
Autres rivières	Anguille	23	65-1365	2/98	65,7
	Chevesne	6	25-535	5/95	63,1
	Loche	10	4-15	22/78	71,1
Lac (Esch-sur-Sûre)	Ablette	3	4-17	45/55	74,4
	Anguille	1	320	0/100	64,9
	Brème	5	650-2000	15/85	74,0
	Brochet	2	670-790	10/90	67,2
	Carpe	5	995-1285	21/79	61,7
	Chevesne	4	60-95	5/95	60,1
	Gardon	8	50-80	35/65	67,6
	Hotu	1	70	0/100	61,4
	Perche	6	25-1190	29/71	74,7
	Sandre	1	995	0/100	62,4
	Tanche	2	60-65	28/72	71,5
Truite	4	200-370	40/60	72,6	

### 3.2. PCBs

Le tableau 2 présente les indices de similarité calculés pour les chromatogrammes de PCBs décelés dans les poissons par rapport à ceux des mélanges commerciaux. On constate que la proportion des mélanges d'Aroclor présente dans les individus est reproductible pour une même espèce capturée au cours de différentes campagnes en différents lieux, ce qui semble logique étant donné la faible étendue territoriale couverte par l'étude.

Les empreintes chromatographiques décelées montrent que la contamination est principalement due au mélange commercial d'Aroclor 1260 (plus de 80 % en moyenne) (Tableau 2). Les indices de similarité sont cependant inférieurs à 0,75, ce qui indique que les proportions relatives des différents congénères ne sont pas strictement identiques à celles du mélange.

Seules trois espèces (ablette, gardon et truite) présentent des concentrations relatives plus importantes en congénères spécifiques de l'Aroclor 1254 (Tableau 2), ce qui peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'individus ayant fait l'objet de rempoissonnements, et dont l'origine est inconnue. On constate également que les espèces prédatrices (anguille, brochet, sandre et chevesne) sont contaminées par une plus grande proportion de congénères de PCBs appartenant à l'Aroclor 1260; une telle observation est probablement due au fait que les congénères de PCBs les plus chlorés sont proportionnellement plus bioaccumulés le long de la chaîne trophique, et que les congénères moins chlorés sont éliminés ou métabolisés.

Par comparaison, les poissons de la Meuse belge (Hugla et al. 1995) et l'écosystème du lac Léman (Mowrer et al. 1982) sont également contaminés principalement par l'Aroclor 1260, et, dans une moindre mesure, par l'Aroclor 1254, deux mélanges qui ont été les plus abondamment distribués et utilisés en Europe occidentale (Thomé et al. 1992).

Les concentrations en PCBs totaux mesurées dans les poissons des rivières sont comprises entre 50 et 3500 ng/g P.F., et sont extrêmement variables en fonction des cours d'eau et des espèces considérés (Tableau 3). On observe de manière générale une augmentation des concentrations depuis l'amont jusque l'aval dans les rivières échantillonnées en plusieurs points (Sûre, Our, Attert et Syr). Les poissons les moins contaminés proviennent de la Syrbaach, la Wiltz, et des stations amont de la Sûre et de la Syr; il s'agit toutefois de poissons de petite taille, principalement des loches. Par contre, dans l'Ernz blanche, l'Ernz noire, la Sûre et la Syr (aval), les poissons atteignent des niveaux de contamination élevés, compris entre 1 et 4 µg PCBs totaux/g P.F.

Le niveau de contamination est différent selon l'espèce considérée (Tableau 3): les loches sont les moins contaminées, en raison de leur âge peu élevé (de 1 à 3 ans maximum) par rapport aux autres espèces de poissons analysées. Toutefois, il faut noter que les concentrations mesurées chez cette espèce, même si elles sont faibles, sont comprises entre 50 et 500 ng/g, ce qui représente, selon Weber (1990), une concentration dangereuse dans la perspective de survie de la loutre.

Les chevesnes présentent un niveau de contamination plus élevé, ce qui peut être attribué à leur plus long temps de séjour dans la rivière et à leur comportement alimentaire omnivore. C'est dans la Sûre, l'Our et l'Attert que les valeurs de PCBs mesurées dans les chevesnes sont les plus élevées, mais les individus y étaient aussi plus grands; or, une tendance significative à l'augmentation du degré de contamination en fonction de l'âge a été mise en évidence pour cette espèce (corrélation de Pearson,  $p < 0,001$ ).

Les anguilles sont les poissons les plus contaminés (analyse de variance à deux critères,  $p < 0,05$ ), en raison de leur régime alimentaire carnivore et prédateur; en effet, le phénomène bien connu de bioaccumulation conduit à une augmentation des concentrations en toxique dans les niveaux trophiques les plus élevés. Chez l'anguille, le degré de contamination des poissons de tailles différentes provenant d'une même station est en général similaire; ce phénomène peut s'expliquer par le fait que les anguilles sont des poissons capables de se déplacer sur de longues distances, et n'ont donc pas nécessairement passé toute leur existence au point de prélèvement. De plus, le métabolisme des individus, leur contenu en lipides, la température moyenne de la rivière sont autant de facteurs susceptibles d'influencer le phénomène de bioaccumulation.

Il faut également noter la présence de petites anguilles (65 à 110 g), appartenant aux classes de taille consommables par la loutre, qui sont particulièrement contaminées à certaines stations situées à proximité du confluent avec la Sûre, sur l'Ernz blanche et la Syr. Les concentrations mesurées chez ces individus dépassent même largement la norme française et américaine de santé humaine (2000 ng PCBs/g P.F.).

De manière générale, les concentrations mesurées dans les poissons des rivières luxembourgeoises sont nettement supérieures à celles considérées comme susceptibles d'engendrer des problèmes sur la survie à long terme de la loutre. Elles sont plus élevées que celles rencontrées dans les anguilles écossaises (240 ng/g P.F., Kruuk & Conroy 1996) ou danoises (550 ng/g P.F., Smit et al. 1996), ainsi que dans les poissons du lac Léman (de 160 à 1500 ng/g P.F., Mowrer et al.

Tableau 3. Concentrations en PCBs totaux (ng/g P.F.) dans 4 espèces de poissons des rivières du Grand-Duché de Luxembourg. Les loches ont été analysées par lots (nombre d'individus entre parenthèses).

Table 3. Total PCB concentrations (ng/g F.W.) in 4 fish species from Luxembourg. Stone loaches have been pooled for analysis (4 to 12 individuals, numbers in brackets).

Espèce	Loche		Chevesne		Anguille		Barbeau	
	Poids (g)	PCBs (ng/g P.F.)	Poids (g)	PCBs (ng/g P.F.)	Poids (g)	PCBs (ng/g P.F.)	Poids (g)	PCBs (ng/g P.F.)
Attert 1	3,6 (5)	82						
Attert 2	3 (7)	226	140	457				
			330	300				
			545	524				
Clerve	8 (9)	40	87	147	100	220		
			150	77	110	286		
					210	739		
					230	460		
					400	671		
Eisch	6 (11)	52	535	493	1365	406		
Ernz blanche	5 (3)	79			65	2953		
					205	266		
					205	348		
					245	223		
					325	456		
					335	1179		
Ernz noire	4 (12)	52			75	759		
					80	1136		
					85	812		
					180	1015		
					260	444		
					325	1182		
Mamer	6 (5)	60			460	500		
Our 1	2,2 (5)	148	25	130			55	367
			305	278			170	364
			470	430			180	556
Our 2			150	263	200	1672		
			425	258	365	1771		
			765	1127	407	1676		
Sûre 1	2,5 (4)	45	95	107	470	201		
			330	59	840	220		
			550	146				
Sûre 2	3,7 (8)	120	120	221	90	1193	225	985
			395	559	370	976	490	1629
			970	727	415	1517		
Sûre 3	1,3 (3)	218	166	420	95	2108	660	1475
			495	729	100	2658		
			1325	3506	245	940		
Syrbaach	6 (10)	42	25	184				
			70	52				
Syr 1	10 (10)	181						
Syr 2	4 (12)	293	115	393	75	2214		
					105	1358		
					110	3499		
					170	1243		
					290	1232		
					415	1624		
Wiltz 1	15 (6)	41			730	501		
Wiltz 2	8 (8)	56						

Tableau 4. Concentrations en PCBs totaux (ng/g P.F.) dans différentes espèces de poissons du lac d'Esch-sur-Sûre. Les ablettes ont été analysées par lots (nombre d'individus entre parenthèses).

Table 4. Total PCB concentrations (ng/g F.W.) in various fish species from Esch-sur-Sûre reservoir. Bleaks have been pooled for analysis (3 to 10 individuals, numbers in brackets).

Espèce	Poids (g)	PCBs (ng/g P.F.)	Espèce	Poids (g)	PCBs (ng/g P.F.)
Ablette	4 (10)	74	Gardon	50	104
	7 (6)	123		55	52
	17 (3)	161		55	33
Anguille	319	189		56	41
Brème	649	65		61	56
	1127	143		66	32
	1275	438		80	43
	1345	55	Hotu	69	83
	2000	118	Perche	26	36
Brochet	670	38		39	83
	790	85		40	61
Carpe	995	68		411	97
	1008	26		482	45
	1085	30		1190	156
	1216	57	Sandre	995	65
	1285	33	Tanche	58	178
Chevesne	60	43		64	39
	60	19	Truite	200	22
	80	13		340	53
	95	14		350	52
Gardon	50	112		370	55

1982), et doivent plutôt être comparées au niveau de contamination des anguilles de l'Ebre (environ 1000 ng/g, Ruiz & Llorente 1991) ou du Rhin (de 500 à 8000 ng/g, Hendriks & Pieters 1993).

Dans les poissons du lac d'Esch-sur-Sûre, les niveaux de contamination mesurés en 1996 sont nettement plus faibles, compris entre 10 et 200 ng PCBs/g P.F., à l'exception d'une valeur supérieure chez une brème (Tableau 4). Les individus du lac sont par conséquent environ deux fois moins contaminés que les poissons de la haute-Sûre, eux-même déjà peu contaminés.

Il n'y a pas d'augmentation du degré de contamination en fonction de la taille des individus, excepté pour les 3 lots d'ablettes. Il est également surprenant de constater que les différentes espèces - y compris celles qui sont prédatrices comme l'anguille, le sandre ou le brochet - présentent des niveaux de contamination du même ordre de grandeur.

Ces observations peuvent s'expliquer par le fait que le lac de barrage a subi une vidange complète en 1991. A cette époque, la plupart des poissons, à l'exception des brochets, ont été rejetés dans le lac de Bavigne, la Moselle et d'autres rivières (Krier et al. 1992). Après remplissage, le lac a été repoissonné avec des individus provenant de piscicultures luxembourgeoises et étrangères. La majorité de ces poissons ont donc été élevés dans des eaux faiblement contaminées par les PCBs, et leur niveau de contamination reste faible. De telles concentrations sont juste inférieures aux niveaux considérés comme critiques dans la nourriture de la loutre, mais on peut s'attendre dans le futur à ce que les concentrations en pesticides organochlorés et en PCBs augmentent lentement chez ces poissons rendus à l'état sauvage.

### 3.3. Ugilec 141

Les concentrations des principaux composés de l'Ugilec 141 sont, dans tous les poissons analysés, inférieures à la limite de détection, soit 1 ng/g P.F.



## 4. Conclusion

En ce qui concerne les pesticides organochlorés, le niveau de contamination des populations de poissons du Grand-Duché de Luxembourg n'est pas particulièrement inquiétant pour la santé humaine ou pour la survie des loutres, exception faite peut-être du cas du lindane.

Il n'en va pas de même pour les PCBs, qui sont présents presque partout et dans toutes les espèces - y compris celles de petite taille, consommables par la loutre - à des concentrations considérées comme problématiques, voire dangereuses, pour la survie de cette espèce. Les standards de consommation pour la santé humaine sont même régulièrement dépassés dans les anguilles et quelques chevesnes.

### Remerciements

Cette étude a été financée par le Ministère de l'Environnement, l'Administration des Eaux et Forêts et l'Administration de l'Environnement du Grand-Duché de Luxembourg.

### Travaux cités

- Bleavins M.R., Aulerich R.J. & Ringer R.K. 1980. — Polychlorinated biphenyls (Aroclors 1016 and 1242) : effects on survival and reproduction in mink and ferrets. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 9 : 627-635.
- Bleavins M.R., Aulerich R.J. & Ringer R.K. 1984. — Effects of chronic dietary hexachlorobenzene exposure on the reproductive performance and survivability of mink and european ferrets. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 13 : 357-365.
- Broekhuizen S. 1989. — Belasting van otters met zware metalen en PCBs. *De levende natuur*, 90(2) : 43-47.
- Crum J.A., Bursian S.J., Aulerich R.J., Polin D. & Braselton W.E.. 1993. — The reproductive effects of dietary heptachlor in mink (*Mustela vison*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 24 : 156-164.
- De Alencastro L.F., Prelaz V. & Tarradellas J. 1985. — An improved quantitation method used to determine the origin of PCBs in wastewaters : the index of similarity. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, 22 : 183-201.
- F.A.O./W.H.O. 1987. — Codex alimentarius commission. Recommendations concerning pesticide residues, volume 2B, Maximum limits for pesticide residues in food. F.A.O., Rome.
- Hendriks A.J. & Pieters H. 1993. — Monitoring concentrations of microcontaminants in aquatic organisms in the Rhine delta : a comparison with reference values. *Chemosphere*, 26(5) : 817-836.
- Hugla J.L., Philippart J.C., Kremers P., Goffinet G. & Thomé J.P. 1995. — PCB contamination of the common barbel, *Barbus barbus* (Pisces, Cyprinidae) in the river Meuse in relation to hepatic monooxygenase activity and ultrastructural liver change. *Neth. J. Aquatic Ecol.*, 29 : 135-145.
- Krier A., Lauff M., Molitor G. & Molitor A.M. 1992. — La récupération des poissons lors de la vidange du barrage d'Esch-sur-Sûre en 1991. Aspects physico-chimiques et biologiques. *Bull. Soc. Nat. Luxemb.*, 93 : 71-82.
- Kruuk H. & Conroy J.W.H. 1996. — Concentrations of some organochlorines in otters (*Lutra lutra*) in Shetland, in relation to fish abundance. *J. Appl. Ecol.*, 28 : 95-101.
- Leonards P.E.G., De Vries T.H., Minnaard W., Stuijzand S., De Voogt P., Cofino W.P., Van Straalen N.M. & Van Hattum B. 1995. — Assessment of experimental data on PCB-induced reproduction inhibition in mink, based on an isomer- and congener-specific approach using 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin toxic equivalency. *Environ. Toxicol. Chem.*, 14 : 639-652.
- Libois R. & Hallet C. 1995. — Situation actuelle de la loutre, *Lutra lutra*, en Belgique et problématique de sa conservation. *Cahiers d'Ethologie*, 15 : 157-168.
- Macdonald S.M. & Mason C.F. 1994. — Statut et besoins de conservation de la loutre (*Lutra lutra*) dans le Paléarctique occidental. *Sauvegarde de la nature*, 67, Conseil de l'Europe (ed.), Strasbourg : 54 p.
- Mason, C.F. 1996. — Impact of pollution on the European otter. *Cahiers d'Ethologie*, 15 : 307-320.
- Monod G., Bouvet Y., Devaux Y. & Lorgue G. 1990. — Les difficultés de l'évaluation des risques liés à une pollution chronique du milieu aquatique par les polychlorobiphényles (PCBs). Un cas sur le Rhône. *CNRS - Problématiques et débats*, 10 : 5-18.
- Mowrer J., Aswald K., Burgermeister G., Machado L. & Tarradellas J. 1982. — PCB in a lake Geneva ecosystem. *Ambio*, 11 (6) : 355-358.
- Olsson M. & Sandegren F. 1991. — Otter survival and toxic chemicals - implication for otter conservation programs. *Habitat*, 6 : 191-200.
- Rosoux R. & Tournebize T. 1996. — Mortality causes of the European otter in western France. *Cahiers d'Ethologie*, 15 : 337-350.
- Ruiz X. & Llorente G.A. 1991. — Seasonal variation of DDT and PCB accumulation in muscle of carps (*Cyprinus carpio*) and eels (*Anguilla anguilla*) from the Ebro delta, Spain. *Vie et milieu*, 41(2/3) : 133-140.
- Schmidt G. 1997. — Présence de la loutre. *Trav. sci. Mus. nat. hist. nat. Lux.* 26 : 109-112.
- Smit M.D., Leonards P.E.G., Murk A.J., De Jongh A.W.J.J. & Van Hattum B. 1996. — Development of otter-based quality objectives for PCBs. Institute for Environmental Studies (ed.), Vrije Universiteit, Amsterdam : 129 p.
- Tans M., Hugla J.L., Libois R.M., Rosoux R. & Thomé J.P. 1996. — Contamination of European otters (*Lutra lutra*) by PCB congeners and organochlorinated pesticides in the wetlands of western France. *Neth. J. Ecol.*, 46 (3-4) : 326-336.
- Thomé J.P., Hugla J.L. & Joiris C. 1992. — Transfert des PCBs vers la Mer du Nord : distribution dans les différents compartiments de l'écosystème. *Bull. Soc. r. Sc. Liège*, 61 : 99-111.
- Weber D. 1990. — La fin de la loutre en Suisse. OFEFP - Cahier de l'Environnement, 128 : 72-101.
- Wren C.D. 1991. — Cause-effect linkages between chemicals and populations of mink (*Mustela vison*) and otter (*Lutra canadensis*) in the Great Lakes basin. *J. Toxicol. Environ. Health*, 33 : 549-585.